

PAT-NO: JP406200951A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 06200951 A

TITLE: JOINT METHOD FOR DRIVING FORCE
TRANSMISSION SHAFT MADE
OF FRP WITH PIPE MADE OF FRP

PUBN-DATE: July 19, 1994

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

NAKAZONO, AKIKO
NAKANOU, YOSHIFUMI
YAMATSUTA, KOJI
SHINOHARA, YASUO
MUROTANI, HITOSHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

SUMITOMO CHEM CO LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP05258556

APPL-DATE: October 15, 1993

INT-CL (IPC): F16D001/02, B29C065/52 , B29C065/56 ,
F16C003/02

US-CL-CURRENT: 403/1

ABSTRACT:

PURPOSE: To strengthen joint, prevent invasion of moisture, and improve durability and torque transmission capacity, by pressingly fitting a combining element into a pipe made of FRP so as to join them together by spline engagement, and filling adhesive in the clearance of the

engaged part.

CONSTITUTION: Serration is worked on the joining face 6 of a combining element 2. Meanwhile, serration is not worked on the joining face 5 of a pipe 1 made of FRP. The inner diameter of the joining part 3 of the pipe 1 made of FRP is set smaller than the outer diameter of the joining part 4 of the combining element 2. By pressingly fitting the joining part 4 of the combining element 2 in the joining part 3 of the pipe 1 made of FRP pressure is applied between these respective joining faces 5, 6, and the teeth 7 of the serration on the joining face 6 of the combining element 2 are made to bite the joining face 5 of the pipe 1. At this time, adhesive is filled in the clearance between the respective joining faces 5, 6. Hereby, joint is strengthened, prevention of invasion of moisture, and improvement of durability and torque transmission capacity are attained.

COPYRIGHT: (C)1994, JPO&Japio

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-200951

(43)公開日 平成6年(1994)7月19日

| | | | | |
|--------------------------|------|---------|-----------|--------|
| (51)Int.Cl. ⁵ | 識別記号 | 庁内整理番号 | FI | 技術表示箇所 |
| F16D 1/02 | | | | |
| B29C 65/52 | | 7639-4F | | |
| | | 7639-4F | | |
| F16C 3/02 | | 9242-3J | | |
| | | 8207-3J | | |
| | | | F16D 1/02 | N |

審査請求 未請求 請求項の数6(全10頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平5-258556

(22)出願日 平成5年(1993)10月15日

(31)優先権主張番号 特願平4-284229

(32)優先日 平4(1992)10月22日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000002093
住友化学工業株式会社
大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72)発明者 中國 明子
茨城県つくば市北原6 住友化学工業株式
会社内

(72)発明者 中納 佳史
茨城県つくば市北原6 住友化学工業株式
会社内

(72)発明者 山蔭 浩治
茨城県つくば市北原6 住友化学工業株式
会社内

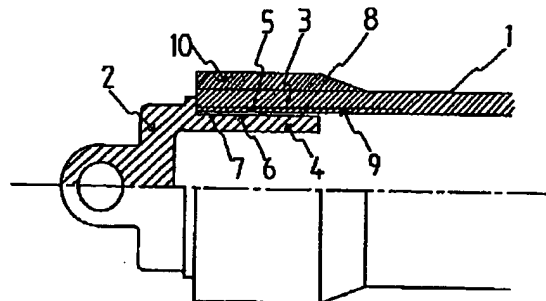
(74)代理人 弁理士 久保山 隆 (外1名)
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 繊維強化樹脂製駆動力伝達用シャフトおよび繊維強化樹脂製パイプの接合方法

(57)【要約】

【構成】繊維強化樹脂製パイプの接合部と、セレーション加工を施した結合要素の接合部とを接合してなる繊維強化樹脂製駆動力伝達用シャフトであって、該接合部は圧入嵌合することによりセレーションの歯の噛み込みにより接合され、噛み込み部分の空隙が接着剤により充填されていることを特徴とする繊維強化樹脂製駆動力伝達用シャフト及び繊維強化樹脂製パイプの接合部にセレーション加工を施した結合部品の接合部を接着剤を塗布して圧入嵌合することを特徴とする繊維強化樹脂製パイプと結合部品の接合方法。

【効果】結合が強固であるため高いトルク伝達力があり、腐食にくく、耐久性、耐環境性に優れている。また、接合部の加工は容易であり、接合工程は生産性に優れている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 繊維強化樹脂製パイプの接合部と、外面または内面にセレーション加工が施された結合要素の接合部を、接合してなる繊維強化樹脂製駆動力伝達用シャフトであって、該繊維強化樹脂製パイプの接合部と該結合要素の接合部は、圧入嵌合により形成される繊維強化樹脂製パイプの接合部への結合要素のセレーションの噛み込みにより接合され、しかも噛み込み部の間隙が接着剤により充填されていることを特徴とする繊維強化樹脂製駆動力伝達用シャフト。

【請求項2】 結合要素のセレーションが噛み込む繊維強化樹脂製パイプの接合部の接合面に、円周方向弾性率が30GPa以下の保護層が積層されており、セレーションの噛み込みは該保護層を介して形成される請求項1記載の繊維強化樹脂製駆動力伝達用シャフト。

【請求項3】 繊維強化樹脂製パイプの接合部の中間部、外面または内面に補強層を設け、補強された接合部の厚み(tj)とパイプの厚み(tp)の比(tj/tp)が3以下である請求項1または2記載の繊維強化樹脂製駆動力伝達用シャフト。

【請求項4】 繊維強化樹脂製パイプの端部に設けられた接合部と結合部品の端部に設けられた接合部との接合において、該繊維強化樹脂製パイプの接合部の内面または外面にはセレーションの加工を施すことなく、該結合部品の接合部の外面または内面にはセレーションの加工を施して、該繊維強化樹脂製パイプおよび結合部品の少なくとも一方の接合部に接着剤を塗布して、該繊維強化樹脂製パイプの接合部に該結合部品の接合部を、または該結合部品の接合部に該繊維強化樹脂製パイプを圧入嵌合することを特徴とする繊維強化樹脂製パイプと結合部品の接合方法。

【請求項5】 繊維強化樹脂製パイプの接合部の接合面に円周方向弾性率が30GPa以下の保護層が積層されている請求項4記載の繊維強化樹脂製パイプと結合部品の接合方法。

【請求項6】 結合部品が駆動力伝達用シャフトの結合要素である請求項4または5記載の繊維強化樹脂製パイプと結合部品の接合方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は繊維強化樹脂（以下、FRPと称することがある）製駆動力伝達用シャフト、特に自動車用、船舶用およびヘリコプター用に適した高トルクの駆動力伝達用シャフトに関する。また、本発明はFRP製パイプと結合部品の接合方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 車両、船舶等の駆動力伝達用シャフトは一般に金属製中実棒または金属製中空パイプの両端に金属製の結合要素（継手要素とも称する）を接合したものが使用されている。近年、自動車の軽量化が注目される

ようになり、車体の金属をFRP化するだけでなく、構造部材の軽量化も注目を集めている。その中で駆動力を伝達するシャフトの軽量化はそれが回転部分であるため軽量化のもたらす効果は大きく、FRP化が特に注目されている。従来の鉄鋼製からFRP製にすることにより重量が1/4～1/2にも軽減するので、各種の自動車に搭載されるようになってきた。

【0003】 船舶においても快適な乗り心地を追求して、共振周波数を実用域から外すために駆動力伝達用シャフトのFRP化が注目されつつある。それはFRPが比強度（強度／密度）と比剛性（弾性率／密度）が鋼やアルミニウム等の金属に比べて優れていることと、繊維の配向角度を変更することによって曲げ剛性とねじり剛性を自由に変えることができるので、ねじりの強度を維持したまま、共振周波数を高くしたり、また逆に低くしたりすることが可能であることによる。

【0004】 FRP製駆動力伝達用シャフトの場合、一般にFRP製中空のパイプの両端に結合要素を設けなければならない、結合要素の接合部にフィラメントワインディング法によりFRP製パイプを成形し接合させるか、FRP製パイプと結合要素を別々に準備し、後で何等かの方法で接合することにより製造されている。例えば接着剤による接合が知られているが、高いねじりトルクを伝達するには接着力が不十分であったり、経時的に接着力が低下するなどの問題がある。また、接合部を正多角形状にする方法も知られているが、加工に手間がかかり、生産性が低いという問題がある。

【0005】 高いねじりトルクを伝達させるため、他にも様々な方法が提案されている。実開昭53-9378号公報、実開昭54-97541号公報、特開昭55-159311号公報、特開昭54-132039号公報、特公昭62-53373号公報には結合要素とFRP製パイプの接合部をそれぞれセレーション加工して結合したり、セレーション加工のされている結合要素の接合部をFRP製パイプの内壁に切り込ませるようして結合するなどの方法が提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、前者の手法ではFRP製パイプの内壁にセレーションの歯を成形時に形成することは困難である。機械加工によりセレーションを形成すると強化繊維が切断されてしまうため、接合部の強度が低下してしまい、高いねじりトルクを伝達することが不可能である。また、後者の場合も接合部の強化繊維が結合要素の接合部のセレーションの歯によって切断され易いため高いねじりトルクを伝達できない等の問題があった。接合を確実なものとするために接合部の外側に金属製のアウターリングをかぶせて補強する方法も提案されているが軽量化の効果を減殺するという問題点があった。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、つぎに記す発明からなる。

(1) 繊維強化樹脂製パイプの接合部と、外面または内面にセレーション加工が施された結合要素の接合部を、接合してなる繊維強化樹脂製駆動力伝達用シャフトであって、該繊維強化樹脂製パイプの接合部と該結合要素の接合部は、圧入嵌合により形成される繊維強化樹脂製パイプの接合部への結合要素のセレーションの噛み込みにより接合され、しかも噛み込み部の間隙が接着剤により充填されていることを特徴とする繊維強化樹脂製駆動力伝達用シャフト。

(2) 結合要素のセレーションが噛み込む繊維強化樹脂製パイプの接合部の接合面に、円周方向弾性率が30GPa以下の保護層が積層されており、セレーションの噛み込みは該保護層を介して形成される前記(1)記載の繊維強化樹脂製駆動力伝達用シャフト。

(3) 繊維強化樹脂製パイプの接合部の中間部、外面または内面に補強層を設け、補強された接合部の厚み(t_j)とパイプの厚み(t_p)の比(t_j/t_p)が3以下である前記(1)または(2)記載の繊維強化樹脂製駆動力伝達用シャフト。

(4) 繊維強化樹脂製パイプの端部に設けられた接合部と結合部品の端部に設けられた接合部との接合において、該繊維強化樹脂製パイプの接合部の内面または外面にはセレーションの加工を施すことなく、該結合部品の接合部の外面または内面にはセレーションの加工を施して、該繊維強化樹脂製パイプおよび結合部品の少なくとも一方の接合部に接着剤を塗布して、該繊維強化樹脂製パイプの接合部に該結合部品の接合部を、または該結合部品の接合部に該繊維強化樹脂製パイプを圧入嵌合することを特徴とする繊維強化樹脂製パイプと結合部品の接合方法。

(5) 繊維強化樹脂製パイプの接合部の接合面に円周方向弾性率が30GPa以下の保護層が積層されている前記(4)記載の繊維強化樹脂製パイプと結合部品の接合方法。

(6) 結合部品が駆動力伝達用シャフトの結合要素である前記(4)または(5)記載の繊維強化樹脂製パイプと結合部品の接合方法。

【0008】本発明による繊維強化樹脂製駆動力伝達用シャフトの典型的な1例を図1および図2(図1の繊維強化樹脂製駆動力伝達用シャフトのA-A断面図)に示す。FRP製パイプ(1)は公知の手法、例えば、フィラメントワインディング法やローリングテーブル法などにより成形、硬化して得られる。結合要素(2)の接合面(6)には予め図4に示すようなセレーションの加工を施す。FRP製パイプの接合面(5)にはセレーションの加工を施さず、FRP製パイプの接合部(3)の内径は結合要素の接合部(4)の最外径(セレーションの歯の先端から測った径)よりわずかに小さくし、荷重を

かけてFRP製パイプの接合部(3)に結合要素の接合部(4)を圧入嵌合することにより、FRP製パイプの接合面(5)および結合要素の接合面(6)の間に圧力がかかり、結合要素の接合面(6)上のセレーションの歯(7)がFRP製パイプの接合面(5)に噛み込むようにして接合する。このとき、FRP製パイプの接合面(5)と結合要素の接合面(6)の間に接着剤(8)を充填し、両接合面間の間隙を埋める。このようにして得られるセレーションの噛み込みの状態は図2の拡大図に示されるとおりである。接着剤を用いることによって接合が強固になり、かつ、接合部の間隙への水分の侵入を防ぐことができるため、ねじり伝達性能が向上するとともに、耐蝕性が向上し、耐環境性、耐久性が改良される。ここで接着剤の充填の方法は特に限定されない。圧入嵌合の前にFRP製パイプの接合面(5)および/または結合要素の接合面のセレーション(6)に接着剤を塗布して接合する方法は、圧入嵌合に際して接着剤が潤滑剤として機能し、圧入荷重(圧入力)を軽減するとともに、圧入時にFRP製パイプの接合面(5)がセレーションの歯(7)で損傷するのを防止するので特に好ましい方法である。また、別法として圧入嵌合した後に接着剤を噛み合い部の間隙に充填することもできる。

【0009】また、図3に示すようにFRP製パイプの接合面(5)に保護層(9)を設け、セレーションの歯(7)が該保護層(9)を介してFRP製パイプの接合面(5)に噛み込むようにすることが好ましい。かかる保護層を設けることにより、接合を一層強固にすると同時に、FRP製パイプの実質荷重を負担する部分に直接セレーションの歯が当たって損傷することを防止することができる。

【0010】本発明に用いる強化繊維材料は駆動力伝達用シャフトの回転時の共振周波数を高める必要から弾性率、強度の高い繊維が望ましい。また、比強度、比剛性が大きい繊維を用いる方が軽量化の効果が顕著であるので好ましい。そのような繊維の例として炭素繊維、ガラス繊維、アラミド繊維、セラミック繊維等が挙げられる。これらの繊維を2種以上組合せて用いることもできる。なかでも炭素繊維が好ましく用いられ、炭素繊維とガラス繊維のハイブリッド使用も強度と経済性の観点から好ましい。

【0011】繊維の形態は特に限定されるものではなく、ロービング状、織布状、プリプレグ状等で用いることができる。繊維の配向角度は高ねじりトルクの伝達のためには $\pm 30^\circ \sim \pm 90^\circ$ が好ましく、高共振周波数をねらうためには $0^\circ \sim \pm 30^\circ$ の範囲が好ましいが、要求特性に応じて、繊維の配向角度は計算によって最適な範囲内で選択することができる。

【0012】繊維強化樹脂のマトリックス樹脂は特に限定されるものではなく、エポキシ樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、ビニルエステル樹脂、ウレタン樹脂、フェノ

ール樹脂、アルキッド樹脂、イミド樹脂、ビスマレイミド樹脂、キシレン樹脂、メラミン樹脂、フラン樹脂、シリコン樹脂等の熱硬化性樹脂、ポリエチレン樹脂、ポリプロピレン樹脂、ポリ塩化ビニール樹脂、ポリメチルメタクリレート樹脂、ABS樹脂、フッ素樹脂、ポリカーボネート樹脂、ポリエステル樹脂、ポリアミド樹脂（ナイロン6, 6, 6, 6, 10, 6, 11, 6, 12など）、ポリフェニレンサルファイド樹脂、ポリスルホン樹脂、ポリエーテルスルホン樹脂、ポリエーテルエーテルケトン樹脂、ポリフェニレンオキシド樹脂等の熱可塑性樹脂を挙げることができる。これらの中でエポキシ樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、ビニルエステル樹脂が性能、取扱い性の面から好ましい。さらに樹脂および繊維は必要に応じてそれぞれ2種以上を組み合わせることができる。

【0013】FRP製パイプの繊維体積含有率は40%以上75%以下、好ましくは50%以上70%以下である。含有率が40%未満の時は、強化効果が低く、厚肉のパイプにしなくてはならず、重量軽減の効果が少ない。75%を越えると繊維同士の接触の確率が高くなりねじり強度が低くなる。

【0014】FRP製パイプの成形方法は特に限定されず、公知の手法で製造できるが、成形効率と性能の面でフィラメントワインディング法やローリングテーブル法が好適である。

【0015】本発明に用いる結合要素の材質は機械的物性が優れ、加工が容易なことから金属が好ましい。特に強度および剛性の面から鉄、アルミニウム、チタニウム、マグネシウム、およびこれらの金属を主成分とする合金が好ましい。

【0016】本発明において、結合部品または結合要素の接合部に加工して付与されるセレーションとは、軸方向または大略軸方向に伸びる山状の筋であって隣接して全周面に設けられた、半径方向の断面形状が鋸歯状（以下、セレーションの山状の筋を単にセレーションの歯とすることがある）のものをいう。加工方法や形状などにより、ローレット、スプラインなどと呼ばれているものも含む。本発明において、セレーションの歯の形状（半径方向断面の形状）は必ずしも限定されないが、好ましい形状を例示すると、図4に示すような三角、四角または台形といった凸形の形状を挙げることができる。これらのセレーションを用いることにより強い結合力を得ることができる。

【0017】セレーションの歯の高さ（図5においてhで示す）は、要求される伝達トルクの大きさ、結合要素やFRP製パイプの寸法、保護層の有無あるいは保護層の材質や厚みにより必ずしも限定されないが、0.005~1.0mm、好ましくは0.05~3.0mmの範囲で選ぶことができる。0.005mm未満の場合はFRP製パイプへのセレーションの噛み込みが少なくなり、

セレーションの一つの山で保持するねじりトルクが大きくなり過ぎ、またFRP製パイプの内層が破壊し易くなる。セレーションの歯のピッチ（図5においてpで示す）は、要求される伝達トルクの大きさ、結合要素やFRP製パイプの寸法、保護層の有無あるいは保護層の材質や厚みにより必ずしも限定されないが、0.05~1.0mm、好ましくは0.1~5.0mmの範囲で選ぶことができる。

【0018】セレーションの歯は結合要素の軸に対して平行であるのが好ましいが、結合要素の軸に対して15°以下の範囲の角度を有していてもよい。

【0019】FRP製パイプの内側に接合要素を接合する場合、セレーションの歯の先端までの結合要素の接合部の外径（df）はFRP製パイプの内径（dp、保護層がある場合は保護層を含めての内径）よりやや大きくする。このdf/dp比の最適値は、要求されるトルクの伝達力、FRP製パイプの内径とその厚み、用いる保護層の材質や厚みおよびセレーションの形状やその寸法によって異なるので必ずしも限定されず、圧入嵌合時に保護層を切断したり、FRP製パイプに損傷を与えずに高いトルク伝達力を達成する範囲で適宜選択することができる。df/dp比は、好ましくは1.0002~1.020、より好ましくは1.001~1.010の範囲で選ぶことができるが、この範囲に限定されるものではない。

【0020】例えば、FRP製パイプの内径が70mm程度のものであるときに、この比が1.028位になると圧入嵌合時に大きな圧入力を必要とし、またFRP製パイプの接合部に大きなひずみを生じるため低いトルクで接合面の破壊が生じる。反対にこの比が1.0002より小さい場合は、圧入は比較的容易になるがセレーションのFRPシャフト部分への十分な噛み込みが起こらず、ねじりトルクに対する保持力が発生しにくく、トルクの伝達能力は低い。

【0021】結合要素の接合部の先端の外面形状は滑らかにFRP製パイプの接合部に挿入できるように、FRP製パイプの接合部の対応する内面形状より小さく、結合要素の先端部から根元向きに滑らかに広がるテーパ形状をなしているのが好ましい。例えば、結合要素の先端部のテーパ角度は30°以下であることが好ましい。また、逆にFRP製パイプ接合部の先端部から奥向きに滑らかに狭まるテーパ形状を成していてもよい。接合部の長さは要求破壊トルクによっても異なるが、接着剤や好ましくはさらに保護層を用いることにより短縮することができる。接合部の長さは結合要素の大きさや要求される破壊トルクにより必ずしも限定されないが、好ましくは結合部の長さとしてFRPパイプの内径の比が0.1~1.5になるように選ばれる。例えば、内径が70mmのFRP製パイプの場合には、結合部の長さは10~100mm程度が好ましい。

【0022】本発明に用いられる接着剤は、液状かつその粘度が室温で50~10,000ボイズであることが好ましい。接着剤を結合要素のセレーションの接合面およびFRP製パイプの接合面の少なくとも一方に塗布し、圧入嵌合して接合する。接合後、必要に応じて接着剤の硬化処理、例えば熱処理を行う。これにより接合がより強固に達成され、伝達トルクが向上する。また、接合部の噛み込み部に生じる空隙部分が充填され、水分の侵入を防止し、耐環境性能、耐久性が向上できる。さらにこの接着剤の使用は、結合要素をFRP製パイプに圧入嵌合するとき潤滑剤としての効果を発揮し、圧入荷重を軽減すると同時に、強度低下の原因となる圧入嵌合によるFRP面やその保護層の損傷を防ぐことができる。接着剤の粘度が50ボイズより低いときは接合時に接着剤が流れてしまい、また10,000ボイズより高いときは粘性抵抗により結合要素を圧入嵌合することが難しい。接着剤としては特に限定されるものではなく、エポキシ系、ウレタン系、シアノアクリレート系、変性アクリレート系、各種ゴム系、ポリエステル系、ポリイミド系等の各種接着剤が用いられる。中でもエポキシ系のものが接着性能、耐環境性、取扱性等の面で好ましい。好適な接着剤としては、例えば、エポキシパッチキット（ハイソール社製）、テクノダイン HT18-X（田岡化学（株）製）、ソニーボンド（ソニーケミカル社製）などがあげられるが、これらに限定されるものではない。

【0023】本発明の好ましい実施態様において用いられる保護層とは、FRP製パイプの接合部の接合面すなわち噛み込み部の表面に存在する円周方向弾性率が4GPa以上30GPa以下の薄い層であって、FRP製パイプに直接セレーションの歯が当たってFRP製パイプの繊維が損傷することがないように設けられたものである。4GPaより低い時は、セレーションの歯を圧入後、回転力により容易に保護層が弾性変形を起こし、セレーションの歯が低回転力下でもズレる原因になる。30GPaよりも高い場合は、圧入時にセレーションの歯の噛込が不十分だったり、保護層の損傷が起こり、結果として回転力保持が難しくなる。保護層の材質としては繊維強化樹脂が例示され、繊維強化樹脂層の形態で用いることができる。この保護層は、フィラメントワインディング法またはテープワインディング法によりFRP製パイプを製作する時に、予めマンドレルに巻き回しておくかFRP製パイプを成形後その内面に貼合しておくか等してFRP製パイプと一体化されていることが特に好ましい。また、この保護層は、FRP製パイプの接合部付近のみの表面に設けてもよいし、製造工程の簡便さから、パイプ全体に設けてもよい。

【0024】保護層としての繊維強化樹脂層は、各種の強化繊維の不織布または織物（織布）をマトリックス樹脂に含浸させて硬化させた層である。強化繊維として

は、ガラス繊維、炭素繊維、アルミナ繊維などの無機繊維、芳香族ポリアミド繊維などの有機繊維が例示される。具体的には例えば、サーフェスマットと一般に呼称されるガラス繊維等の不織布をマトリックス樹脂に含浸させ薄い層状に形成したもの、スクリムと一般に呼称されるガラス繊維等の薄い織物をマトリックス樹脂に含浸させ薄い層に形成したもの等が用いられるが、これらに限定されるものではない。

【0025】保護層に用いるマトリックス樹脂材料としては、前記したFRP製パイプの成形に用いられるマトリックス樹脂を例示することができる。保護層のマトリックス樹脂として熱硬化性樹脂を用いた場合にはFRP製パイプのマトリックス樹脂の硬化時に同時に硬化することができる。

【0026】本発明にて用いる保護層としては、その周方向弾性率（ E_f ）と結合要素の周方向弾性率（ E_m ）との比（ E_f/E_m ）が約0.2以下であるものが好ましい。この特性範囲を選ぶことにより結合要素の接合部のセレーションの歯が保護層に噛み込み易くなり、トルクの伝達性能が一層向上する。

【0027】本発明にて用いる保護層の厚み（ t_f ）およびセレーションの歯の高さ（図5においてhで示す）は、要求される破壊トルクの大きさ、結合要素やFRP製パイプの寸法、保護層の材質や厚みにより適宜選ばれるが、その比（ t_f/h ）が0.5以上5以下であることが好ましい。比（ t_f/h ）が0.5より小さい時は、セレーションの歯の噛み込みが少なくなり、トルクの伝達性能が悪くなったり、結合要素の圧入時にパイプの接続部のFRPの破壊が起こったりする。また比（ t_f/h ）が5より大きい場合は、成形時にマンドレル上に保護層を巻き込むことが困難になる等、成形しにくいといった問題が生じる。また、FRP製パイプに結合要素のセレーションの歯の十分な噛み込みが生じず、トルクの伝達性能が悪くなったり、結合要素を圧入嵌合する際にセレーションの歯の噛み込みを生じさせるために非常に大きな荷重を要することになる。

【0028】結合要素とFRP製パイプの接合を強固にし、かつ負荷ねじりトルクを確実に結合要素からFRP製パイプに伝達するために、FRP製パイプの接合部に補強層を持つことが好ましい。補強層とは、FRP製パイプのパイプ（直管）部の積層構成に対して、その外側、内側あるいは中間に、接合部のみに余分に設けられた層をいう。補強層を設けることにより結合要素の圧入嵌合時にセレーションの歯のFRP製パイプ部分への噛み込みを容易にすることができ、ねじりトルクに対する保持力を確実にものにすることができる。補強層の周方向弾性率が高いほどその効果は大きい。補強層としては特に限定されず、例えば、FRP製補強層や金属製補強管などがあげられる。

【0029】強化繊維によるこの部分の補強は、金属製

の補強管を取りつける場合に比べて軽量化の点で多大な利点がある。FRP製補強層はFRP製パイプと一体成形することができる。補強用に用いる強化繊維は上記された繊維が好ましく、炭素繊維が弾性率の面から、ガラス繊維がコストの面から好ましい。補強繊維の巻き付け角度は $\pm 60^\circ \sim 90^\circ$ が好ましい。 $\pm 60^\circ$ より小さい角度で巻き付けた場合には、結合要素を圧入嵌合するときFRP製パイプの拡張力を抑えられず、セレーションの歯の噛み込みが不十分になりやすく、ねじりトルクの伝達が不十分なものとなりやすい。また、接合部とパイプ部の間には角度 10° 以下でなめらかに肉厚が変化するようにテーパ部を設けることが好ましく、トルク負荷時のパイプ部とテーパ部あるいは接合部との境界部での応力集中を緩和する効果があるが必ずしも必要ではない。また、金属製補強管を用いてこの部分を補強することもできる。

【0030】補強層の厚みは、FRPシャフトの接合部の厚み(t_j)のパイプ部の厚み、すなわちパイプ壁の厚み(t_p)に対する比(t_j/t_p)が3以下になるように選ばれることが好ましい。比(t_j/t_p)が3

以上のときは補強効果は飽和し、径の増大、重量の増加等の不利益が大きくなる。

【0031】上記した本発明のFRP製駆動力伝達用シャフトの製造方法は、結合要素の接合部の外周面にセレーションを形成しておき、FRP製パイプの該接合部の内周面に前記結合要素の接合部を接着剤を用いて充填しながら圧入嵌合する方法を述べたが、その応用としての他の実施態様として結合要素の接合部の内周面にセレーションを形成しておき、その中にFRP製パイプの接合部を圧入嵌合する第2の方法を提案することができる。

この第2の方法を実施する場合、圧入嵌合時のFRP製パイプの変形を防止するために、該FRP製パイプの接合部の内周面に前記した補強層を用いることができる。

【0032】なお、上記した本発明のFRP製駆動力伝達用シャフトの製造方法は、一般的にFRP製パイプと各種の結合部品の接合方法に広く適用することができ、FRP製パイプの用途の拡大に有用である。FRP製パイプと接合すべき該結合部品の接合部の接合面に上記したようなセレーションの加工を施して、FRP製パイプとの嵌合を行い、噛み込み部に接着剤を使用することにより、より小さな圧入力で強固な接合力を容易に達成することができる。ここで、結合部品とはFRP製パイプと接合して用いる部品であり、特に限定されない。

【0033】結合部品としては、例えば、FRP製パイプから製造されるFRP製ロールの端部を形成する部品や軸受け等のFRP製パイプと他の部品の結合のために用いられるジョイント類などがあげられる。該結合部品の材質は、強固なセレーションが形成できるものであれば、特に限定されない。例えば、鋼で代表される各種金属類、アルミナで代表される各種セラミック類、高剛性

の各種樹脂類などをあげることができる。

【0034】セレーションの形状やその寸法は、目的や製品の寸法に応じて適宜選択され決められる。以下に本発明の実施例として、FRP製パイプと金属製ヨークの接合により得られる駆動力伝達用シャフトについて詳述する。高いトルク伝達力を示す点において、本発明は駆動力伝達用シャフトの製造においてその特徴を発揮することができるが、本発明の方法およびそれにより得られる製品はこれらの実施例に限定されず、広く応用が考えられるものである。

【0035】

【実施例】

実施例1～7

(1) FRP製パイプの製造例

外径70.0mm、長さ1500mmのステンレス製マンドレルをフィラメントワインディング装置に装着した。保護層を用いる場合は、該マンドレルの中央1000mmの両端それぞれ50mmの長さに表1に示される各種の材料、厚みの保護層を巻き付けた。次に下記の要領で炭素繊維およびガラス繊維を液状のエポキシ樹脂に含浸しつつその上から巻き付けた。炭素繊維は住化ハルキュレス社製、商品名：マグナマイトAS-4（汎用グレード炭素繊維：弾性率 24 ton/mm^2 、強度 390 kg/mm^2 ）を、ガラス繊維は、旭ファイバーグラス（株）製、T-30ロービング（製品記号：R1150F08）を、エポキシ樹脂としてはビスフェノールA型エポキシ樹脂（商品名：スミエポキシELA-128、住友化学工業（株）製）に芳香族アミン硬化剤（商品名：TONOX60/40、ユニ・ロイヤル社製）系を用いた。

【0036】まず前記のエポキシ樹脂を含浸させたガラス繊維を、角度（パイプの軸に対して） $\pm 85^\circ \sim 90^\circ$ 、厚み0.4mmで巻き付けた。ただし実施例2、実施例5および後に述べる比較例2においては、この $\pm 85^\circ \sim 90^\circ$ 巻き層は形成しなかった。ついで、その上から前記のエポキシ樹脂を含浸させた炭素繊維を角度 $\pm 16^\circ$ 、厚み2.85mmで巻き付けた。このとき繊維体積含有率は $60 \pm 2\%$ になるように調節した。両端の接合部には表1に示される繊維、厚み、角度 $\pm 85^\circ \sim 90^\circ$ で巻き付けて補強層（図1および図2の10）を形成した。接合部とパイプ部の間には角度約 6° で肉厚が変化するテーパ部を設けた。次いで、マンドレルごと熱硬化炉中に入れ、回転させながら 150°C で2時間硬化した。硬化後マンドレルから脱型し、両端部の不要部分を切断除去し、両端に補強層を有する、長さ1100mm、内径70.1～70.2mmのFRP製パイプ（図1および図3の1）を得た。

【0037】(2) 鋼製結合要素（ヨーク）

鋼製結合要素の接合部の外周面にセレーションとして、JIS B 0951-1962に規定されている平目の

モジュール(m)0.3を用いてセレーション(ローレット目ともいう)を形成した。得られたセレーション(ローレット目)は、その断面は頂角が約90°の二等辺三角形の先端部が平坦になった形状をしており、図5に示すような形状を呈していた。そのセレーションの歯の高さ(h)は約0.2mm、ピッチ(p)は約0.928mmであった。セレーションの歯の先端までの接合部の外径は70.4~70.5mmであった。すなわち、df/dp比は1.002~1.006の範囲に入っていた。

【0038】(3)FRP製駆動力伝達用シャフトの製作と評価

前記のとおり製作したFRP製パイプと結合要素を用いて本発明のFRP製駆動力伝達用シャフトを製作した。FRP製パイプの端部に、接着剤を塗布した鋼製の結合要素のセレーションを有する接合部をあてがい、油圧によって圧入嵌合した。接合長さは、接合部のトルク伝達能力を相対評価するために20mmとした。工業的に実際のシャフトを製作するときは、目的に応じてより長い接合長さを採用し、接合部の伝達トルクがパイプのねじり破壊トルクより高くなるようにすることもできる。得られたFRP製駆動力伝達用シャフトの静ねじり試験を行い、接合部のトルク伝達能力を評価した結果を表1に

記した。

【0039】なお、実施例に用いた接着剤、保護層は次に示すものである。

・接着剤：田岡化学工業(株)製：エポキシ系接着剤
商品名：テクノダイン HT-18X(室温で600ボイズ)

・保護層に用いられる不織布等

(1)ガラスサーフェイスマット：旭ファイバーグラス(株)製

10 :サーフェイシングマット

製品記号：SM3600E(目付 30g/m²)

(2)ガラススクリム：日東紡績(株)製：電気絶縁用クロス

製品記号：WE 106 104(目付 25g/m²)

【0040】比較例1~3

接合時に接着剤を用いないほかは前記の実施例と同様に、表2に示される各種の材料の保護層を用いたFRP製駆動力伝達用シャフトを製作した。実施例と同様に静ねじり試験を行い結果を表2に示した。

【0041】

【表1】

13

| | 保 護 層 | | | | | 補 強 層 | | 接 着 剤 | 圧入力 (kN) | 静ねじり試験 | | |
|-------|------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------|--------------------|-------|---------------------|-------|-------------|----------------|----------------|---------|
| | 材 質 | 厚 み t_f (μm) | 弾性率 E_f (GPa) | B_f/B_m 比 | t_f/h 比 | 材質 | 厚み t_j (mm) | | | t_j/t_p 比 | 破壊トルク (N・m) | 破 壊 箇 所 |
| 実施例 1 | なし | | | | | GF | 3.0 | 1.92 | 有 | 28 | 8500 | 接合面 |
| 実施例 2 | なし | | | | | GF | 3.0 | 2.05 | 有 | 27 | 3400 | 接合面 |
| 実施例 3 | ガラス 9-7z(177) | 200 ± 50 | 10 | 0.05 | 1.00 ± 0.25 | GF | 3.0 | 1.87 | 有 | 31 | 4900 | 接合面 |
| 実施例 4 | なし | | | | | CF | 3.0 | 1.92 | 有 | 45 | 4800 | 接合面 |
| 実施例 5 | なし | | | | | CF | 3.0 | 2.05 | 有 | 46 | 5000 | 接合面 |
| 実施例 6 | ガラス/IL | 200 ± 50 | 15 | 0.07 | 1.00 ± 0.25 | CF | 3.0 | 1.87 | 有 | 45 | >6100 | FRP/7 |
| 実施例 7 | ガラス 9-7z(177) | 200 ± 50 | 10 | 0.05 | 1.00 ± 0.25 | CF | 3.0 | 1.87 | 有 | 46 | >6100 | FRP/7 |

【0042】

【表2】

| 比較例 | 静ねじり試験 | | 圧入力 (kN) | 接着剤 | 補強層 | | | 保護層 | | | |
|------|----------------|------|-------------|-----|-----|---------------------|----------------|-----------------------|----------------|--------------------|---------------------------|
| | 破壊トルク (N・m) | 破壊箇所 | | | 材質 | 厚み t_j (mm) | t_j/t_p 比 | 弾性率 E_f (GPa) | E_f/E_m 比 | t_f/h 比 | 厚み t_f (μ m) |
| 比較例1 | 1800 | 接合面 | 38 | 無 | GF | 3.0 | 1.92 | | | | |
| 比較例2 | 1800 | 接合面 | 24 | 無 | GF | 3.0 | 2.05 | | | | |
| 比較例3 | 2800 | 接合面 | 41 | 無 | GF | 3.0 | 1.87 | 1.0 | 0.05 | 1.00 ± 0.25 | 200 ± 50 |

【0043】

【発明の効果】本発明を用いたFRP製駆動力伝達用シャフトは、比較例に示すように接着剤を用いない単なるセレーシンの歯の噛み込みによる接合に比べて高いトルク伝達能力がある。接着剤を併用しない場合は、比較例1～3に示すように、結合要素接合時の圧入嵌合に大きな荷重を要する上に、トルク伝達能力が劣る。また、

本発明のFRP製駆動力伝達用シャフトはFRP製パイプと結合要素の接合が強固であるため、円筒形状同士の単なる摩擦接合や接着接合、正多角形状同士の接合に比べて、高いトルク伝達能力があり、また接着剤の充填効果により、水分の接合部間隙への侵入が防止されるため腐蝕しにくく、耐久性、耐環境性に優れている。また正多角形状の接合部に比較して接合部の加工は容易であり、接合工程は極めて生産性に優れているという特徴を有する。

- 10 【0044】実施例3、6、7のように円周方向弾性率が30GPa以下の保護層を有し、該保護層の弾性率と結合要素の弾性率の比 E_f/E_m が0.2以下で、保護層の厚みとセレーシンの歯の高さの比 t_f/h が5.0以下で、接合部の厚みとパイプ部の厚みの比 t_j/t_p が3以下のものは、保護層を有しない実施例1、2、4もしくは5に比べて特に優れている。

- 20 【0045】本発明は駆動力伝達用シャフトに限らず、FRP製パイプと各種の結合部品、特に金属製の結合部品の一般的な接合方法を提供するものであり、FRP製パイプの軽量性と高い強度を活用する種々の機械・設備の製造において有用なものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の繊維強化樹脂製駆動力伝達用シャフトの1例の軸方向の部分断面図を表す。

【図2】図1の繊維強化樹脂製駆動力伝達用シャフトのA-A断面（半径方向断面）の部分断面図を表す。円内はセレーシンの噛み込みによる接合の状態を表す接合部の一部の拡大図。

- 30 【図3】繊維強化樹脂製パイプの接合部の内面（接合面）に保護層を施した本発明の繊維強化樹脂製駆動力伝達用シャフトの1例の軸方向の部分断面図を表す。

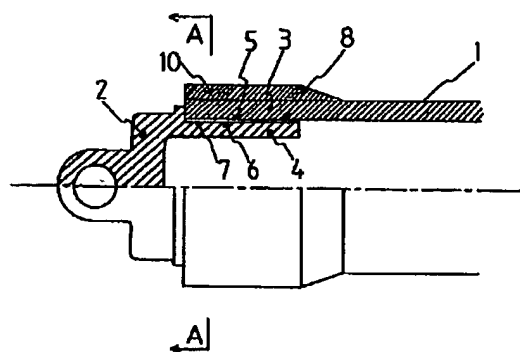
【図4】本発明にて用いられるセレーシンの例を二種類（AおよびB）を表す。

【図5】セレーシンの歯の高さ（h）及びピッチ（p）の説明図を表す。

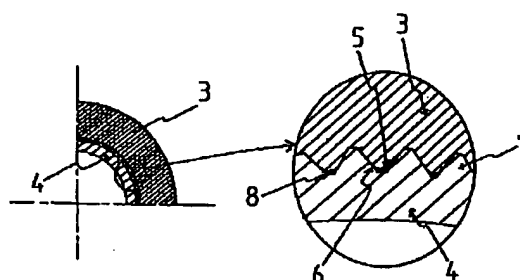
【符号の説明】

1. FRP製パイプ
2. 結合要素（鋼製ヨーク）
3. FRP製パイプの接合部
40 4. 結合要素の接合部
5. FRP製パイプの接合面
6. 結合要素の接合面
7. セレーシオン
8. 接着剤
9. 保護層
10. 補強層

【図1】



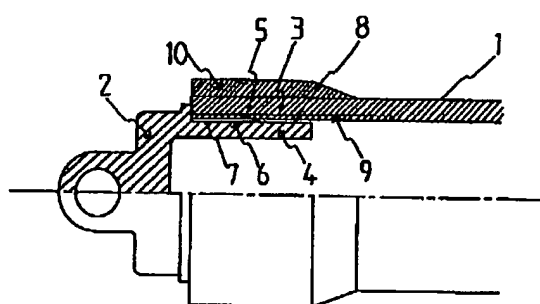
【図2】



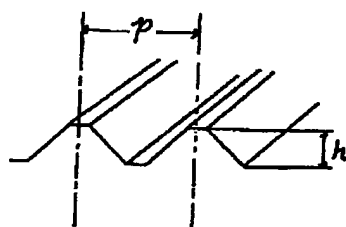
【図4】



【図3】



【図5】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁵

識別記号

片内整理番号

F I

技術表示箇所

// B 2 9 K 105:06

B 2 9 L 31:06

4F

(72)発明者 篠原 泰雄

茨城県つくば市北原6 住友化学工業株式
会社内

(72)発明者 室谷 均

茨城県つくば市北原6 住友化学工業株式
会社内